

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

008946464 **Image available**
WPI Acc No: 1992-073733/199210
XRPX Acc No: N92-055451

EM support with position independent characteristics - positions body
using one pair of electromagnets and has position sensor to measure size
of air gap

Patent Assignee: PHILIPS GLOEILAMPENFAB NV (PHIG); US PHILIPS CORP (PHIG
)

Inventor: BOON F A; COX H H; COX H H M

Number of Countries: 007 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 473232	A	19920304	EP 91202147	A	19910822	199210 B
NL 9001908	A	19920316	NL 901908	A	19900830	199215
JP 4245406	A	19920902	JP 91240554	A	19910827	199242
US 5227948	A	19930713	US 91664162	A	19910304	199329

Priority Applications (No Type Date): NL 901908 A 19900830

Cited Patents: 2.Jnl.Ref; DE 2807044; FR 2417797; GB 2095004; JP 59113315;
JP 61052411; US 3939776

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 473232 A
Designated States (Regional): DE FR GB IT
JP 4245406 A 8 H01F-007/20
US 5227948 A 11 H02N-015/00

Abstract (Basic): EP 473232 A

The device for positioning a body in at least one support direction
uses an electromagnet and at least one position sensor. An electrical
output of the position sensor is connected to an electrical input of an
electronic control unit by which the electric current to the
electromagnet is controlled. The control is a function of the
difference between a position of the body relative to the electromagnet
as measured by the position sensor and a desired position.

An electronic multiplier, unique to the relevant electromagnet, is
connected between the electrical output of the control unit and the
electromagnet controlled by the control unit. The output signal of the
multiplier is determined by the product of the control signal of the
control unit and the output signal of the position sensor.

USE/ADVANTAGE - For optical lithographic positioning device for
manufacture of mastics to be used in production of integrated circuits.
Stiffness and bandwidth are independent of position. Improved
stability. (12pp Dwg.No.1/5)

Abstract (Equivalent): US 5227948 A

A device used for positioning a body (5) by means of at least two
electromagnets (13,15). A position sensor (29) measures the size of an
air gap (23) between one of the electromagnets (13,15) and a guide beam
(1). The output signal of the position sensor (29) is applied to an
electronic control unit (35) which passes a control current through the
electromagnets (13,15) in dependence on a difference between the
measured and a desired size of the air gap (23).

An electronic multiplier (47,59) is connected between the control
unit (35) and each of the electromagnets (13,15), multiplying a control
signal from the control unit (35) by the output signal from the
position sensor (29). In this way a force exerted by the electromagnets
(13,15) on the guide beam (1) depends exclusively on the value of the
control signal and not on the size of the air gap (23), so that a

position-independent control is obtained.

USE/ADVANTAGE - Accurate position-independent control may be used in an optical lithographic device for irradiation of semiconductor substrates. Alternatively, such an electromagnetic support with a position-independent control may be constructed so as to form a micromanipulator. Object positioning device with stiffness and bandwidth independent of position of body relative to electromagnets. Body can be accurately displaced relative to electromagnets.

Title Terms: EM; SUPPORT; POSITION; INDEPENDENT; CHARACTERISTIC; POSITION; BODY; ONE; PAIR; ELECTROMAGNET; POSITION; SENSE; MEASURE; SIZE; AIR; GAP

Derwent Class: Q62; T06; U11; V02; X25

International Patent Class (Main): H01F-007/20; H02N-015/00

International Patent Class (Additional): F16C-032/04; F16C-039/06; G05D-003/12

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): T06-B02B; U11-C04B; U11-C04E1; U11-F02B; V02-E02A;

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-245406

(43) 公開日 平成4年(1992)9月2日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 7/20	E	7135-5E		
G 0 5 D 3/00	B	9179-3H		

審査請求 未請求 請求項の数8(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平3-240554

(22) 出願日 平成3年(1991)8月27日

(31) 優先権主張番号 9 0 0 1 9 0 8

(32) 優先日 1990年8月30日

(33) 優先権主張国 オランダ (NL)

(71) 出願人 590000248

エヌ・ベー・フィリップス・フルーイラン
ベンファブリケン

N. V. PHILIPS' GLOEIL
AMPENFABRIEKEN

オランダ国 アインドーフエン フルーネ
ヴァウツウエツハ 1

(72) 発明者 フィデルス・アドリアヌス・ボーン

オランダ国 アインドーフエン フルーネ
ヴァウツウエツハ 1

(74) 代理人 弁理士 沢田 雅男

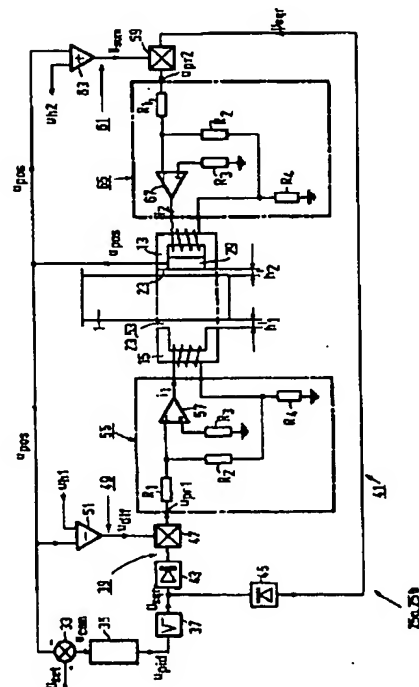
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置に依存しない電磁支持

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 剛性バンド幅が電磁石に対する物体の位置に依存しない物体の位置決め装置を提供する。

【構成】 少なくとも2個の電磁石(13, 15)による物体(5)の位置決め装置。位置センサー(29)が電磁石(13, 15)の1個とガイドビーム(1)との間の空気間隙(23)のサイズを測定する。位置センサー(29)の出力信号は、空気間隙(23)の測定されたサイズと所望のサイズとの間の差に応じて電磁石(13, 15)に制御電流を流す電子制御ユニット(35)に与えられる。電子マルチプライア(47, 59)は制御ユニット(35)と電磁石(13, 15)の各々との間に接続され、制御ユニット(35)からの制御信号に位置センサー(29)からの出力信号を乗算する。この方法により、ガイドビーム(1)に対する電磁石(13, 15)によって生じる力が制御信号の値のみに依存し、かつ空気間隙(23)のサイズに依存しないことが達成されるので、位置に依存しない制御が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1個の電磁石と少なくとも1個の位置センサーとによって少なくとも1個の支持方向に物体を位置決めする装置であって、前記位置決めセンサーの電気出力が、前記電磁石内の電流を前記位置センサーによって測定される前記電磁石に対する前記物体の位置と所望の位置との差の函数として制御する事が可能である電子制御ユニットの一電気入力端に接続されている装置に於て、前記制御ユニットの電気出力端と前記制御ユニットにより制御される前記電磁石との間に当該電磁石に固有な電気マルチブライアが接続されていて、前記マルチブライアの出力信号が前記制御ユニットの制御信号と前記位置センサーの出力信号との積によって決定されている事を特徴とする物体を位置決めする装置。

【請求項2】 電子ルートエクストラクタが、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記マルチブライアとの間に接続されている事を特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 作動中、前記物体が、前記支持方向で見て互いに反対側に位置している一対の電磁石によって前記支持方向に支持され、前記対の2個の電磁石を通る電流が前記対の2個の電磁石に共通である制御ユニットによって制御されている請求項2記載の装置に於て、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている2個のマルチブライアの各々との間に当該マルチブライアに固有な電子ルートエクストラクタが接続されている事を特徴とする装置。

【請求項4】 操作の間、物体が一対の電磁石によって支持方向に支持されている本発明の装置の別の実施例であって、支持方向で見て一対の電磁石がその対の2個の電磁石を通る電流がその対の2個の電磁石に共通である制御ユニットによって制御される間、支持方向で見て互いに反対側に位置していて、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている2個のマルチブライアの各々との間に当該マルチブライアに固有な電子整流器が接続されていて、前記2個の整流器が電氣的に反対方向に配置されている事を特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項5】 前記整流器が、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記マルチブライアの各々との間に接続されている事を特徴とする請求項4記載の装置。

【請求項6】 前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記2個のマルチブライアの各々との間に前記当該マルチブライアに固有な電子ルートエクストラクタが接続されている事を特徴とする請求項4または5記載の装置。

【請求項7】 前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記2個のマルチブライアとの間に前記2個のマルチブライアに共通の電子ルートエクストラクタが接続されている事を特徴とする請求項4または5記載

の装置。

【請求項8】 デジタルメモリが、前記マルチブライアの各々と当該マルチブライアに接続されている前記位置センサーとの間に接続されている事を特徴とする前記請求項の何れかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は、少なくとも1個の電磁石と少なくとも1個の位置センサーとによって少なくとも1個の支持方向に物体を位置決めする装置であって、前記位置決めセンサーの電気出力が、前記電磁石内の電流を前記位置センサーによって測定される前記電磁石に対する前記物体の位置と所望の位置との差の函数として制御する事が可能である電子制御ユニットの一電気入力端に接続されている装置に関する。

【0002】Philips Technical Review, vol. 41, no. 11/12, 1983/84, pp. 348-361は、シャフトが、五対の電磁石によってシャフトの中心線に関してのみ回転可能となるように支持されている第一パラグラフで述べた種類の装置を開示している。シャフトに対する電磁石の力は、電磁石を流れる電流値の二乗に実質上正比例しかつ電磁石とシャフトの間の空気間隙のサイズの二乗に実質上反比例する。電磁力と空気間隙のサイズとの間にこのような関係がある結果、電磁石に対するシャフトの位置は追加の手段を採用しない限り不安定である。既知の装置の場合シャフトを所望の位置に対して安定に維持するために、電磁石の各対に対するシャフトの位置を位置センサーにより測定し、かつ測定された位置と所望の位置との差から決められる制御電流を当該対の二個の電磁石に流している。そのために制御電流の値は、比例、微分及び積分動作を有する制御ユニット(PIDコントローラ)によって決定される。安定した支持はPIDコントローラによって制御されている電磁石によって得られる。

【0003】電磁力と空気間隙のサイズとの間には非線形の関係があるので、既知の装置の電流値は非線形系を構成する。使用されるPIDコントローラは、既知の装置の場合空気間隙の所望のサイズ h_0 と電磁石を流れる基本電流 i_0 によって決定される動作点に対し適正化される線形制御ユニットである。しかしながら、支持体の安定性を決定する事にもなる支持体の剛性とかバンド幅と言うような数多くの特性が電磁石に対するシャフトの位置に依存するので、使用されるPIDコントローラはシャフトの変位が所望の位置から相対的に小さな場合にしか適切に機能しない。従ってシャフトの一個の位置しか適切に安定にさせる事が出来ず、シャフトの他の位置においてはより安定させにくく又は不安定にさえなり得ることが、既知の装置の欠点である。この様にして安定性の問題は、特に支持装置をスイッチオンさせた時に発生し得る。

【0004】本発明の目的は、剛性とバンド幅が電磁石に対する物体の位置に依存しない、前述した欠点を除去

した物体の位置決め装置を提供することである。

【0005】この目的を達成するために本発明が特徴とする点は、前記制御ユニットの電気出力端と前記制御ユニットにより制御される電磁石との間に当該電磁石に固有な電気マルチブライアが接続されていて、前記マルチブライアの出力信号が前記制御ユニットの制御信号と前記位置センサーの出力信号との積によって決定されている点である。

【0006】制御ユニットと制御ユニットにより制御される電磁石との間に電子マルチブライアを使用する事により、当該電磁石を流れる電流が制御ユニットの制御信号と電磁石の空気間隙サイズとの両方に比例することが達成される。この結果当該電磁石によって発生される力は、制御ユニットの制御信号の二乗にのみ比例しかつ当該電磁石の空気間隙のサイズに実質上依存しないので、装置の剛性とバンド幅は物体の位置に無関係となりかつ制御ユニットは物体の如何なる位置においても適切に機能することが可能となる（制御の位置に対する独立性）。本発明によると支持されるべき物体を装置によって電磁石に対し正確に変位させることも出来る。

【0007】動作点(h_0 , i_0)に対して適切化された制御ユニットを有する第一パラグラフで記載した様な装置の場合、剛性もバンド幅も基本電流 i_0 の値に依存し、一方制御ユニットは物体に対する負荷が小さいときのみ、つまり電磁石を流れる制御電流が基本電流に対して小さい場合のみ適切に機能する。本発明の装置の特定な実施例が特徴とする点は、電子ルートエクストラクタ(root extractor)が、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記マルチブライアとの間に接続されている点である。電子ルートエクストラクタの使用により、制御ユニットにより制御されている電磁石を流れる電流は制御ユニットの制御信号の平方根に比例する。この方法に於いて当該電磁石によって生じる力は制御信号の値に比例するので、装置の剛性とバンド幅は電磁石を流れる電流の値に依存せずかつ制御ユニットは支持されるべき物体に全ての負荷に対して適切に機能する（制御の電流に対する独立性）。

【0008】作動中、前記物体が、前記支持方向で見て互いに反対側に位置している一対の電磁石によって前記支持方向に支持され、前記対の2個の電磁石を通る電流が前記対の2個の電磁石に共通である制御ユニットによって制御されている本発明の別の実施例が特徴とする点は、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている2個のマルチブライアの各々との間に当該マルチブライアに固有な電子ルートエクストラクタが接続されている点である。この実施例は、その空気間隙が静的負荷による所望の位置からの物体の変位の結果として増大するその電磁石に基本電流のそれに等しい方向を有する制御電流が与えられ、他方の電磁石には基本電流のそれとは反対の方向を有する制御電流が与えられている高負荷

能力を有する物体の両方向支持を提供する。位置に依存しない制御に加え、電流に依存しない制御も又当該固有のルートエクストラクタの使用により達成される。

【0009】一対の電磁石とこの対に共通な制御ユニットも使用されている本発明の装置の更に別の実施例が特徴とする点は、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている2個のマルチブライアの各々との間に前記当該マルチブライアに固有な電子整流器が接続されていて、前記2個の整流器が電氣的に反対方向に接続されている点である。この実施例の場合電磁石には制御電流のみが与えられ、基本電流は与えられない。前記物体に対する静的負荷により所望の位置から物体が変位する場合、その電磁石のみにこの変位の結果としてその空気間隙が増大した電流が供給されることが当該整流器の使用によって達成される。電磁石の電気抵抗の損失はこの様にして低く保たれる。

【0010】整流器が、マルチブライアに対し効率的な方法で接続されている本発明の装置の別の実施例が特徴とする点は、前記整流器が、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記マルチブライアの各々との間に接続されている点である。マルチブライアの各々の入力信号が常に同じ極性を有していることがこれによって達成されるので、入力信号の零交叉の周りのマルチブライアの不安定動作が防止される。

【0011】電流値に依存しない電磁石の制御が得られ、前述した整流器が使用されている本発明の特別な実施例が特徴とする点は、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記2個のマルチブライアの各々との間に前記当該マルチブライアに固有な電子ルートエクストラクタが接続されている点である。有限の剛性が又ルートエクストラクタの使用により物体に何の負荷を与えない条件で得られる。

【0012】単純な構成を有する電流値に独立な制御を与え、当該整流器が使用されている本発明の装置の別の実施例が特徴とする点は、前記制御ユニットと前記制御ユニットに接続されている前記2個のマルチブライアとの間に電子ルートエクストラクタが前記2個のマルチブライアに共通に接続されている点である。

【0013】本発明の装置の更に別の実施例が特徴とする点は、前記マルチブライアの各々と前記当該マルチブライアに接続されている前記位置センサーとの間にデジタルメモリが接続されている点である。位置センサーと前記マルチブライアとの間にデジタルメモリを使用する事により、前記位置センサーの出力信号を、物体と当該マルチブライアに接続されている電磁石との間の空気間隙のサイズに比例する信号に効率的に変換させることが出来る。加えて位置センサーの出力信号は、例えば電磁石の磁気飽和または支持されるべき物体のような非線形効果に対しデジタルメモリによって補正することが出来る。

【0014】

【実施例】本発明を更に詳細に図に基づいて説明する。

【0015】図1～図5に示された装置は、図1でx方向として示されている方向に平行な水平方向に延在し、かつその両端の近傍でフレーム3にマウントされているスチールガイドビーム1を有する直線状のガイドを有し、テーブル5はガイドビーム1に沿ったx方向に変位可能である。テーブル5に固定されている目的物7は、図1～5で詳細に示されていない駆動手段によってx方向に位置決めさせることが出来る。

【0016】テーブル5には、オランダ国特許出願第8902472号により知られている種類の空気力学的に支持されている丸い脚部9が設けられている。操作中、脚9は、予め減圧されているそれ自身は知られている型のスタティックガスベアリングによって、x方向に平行な水平面に延在しかつx方向に垂直な水平y方向に延在している（図2参照）花崗岩の基体表面11に支持されている。基体表面11と共に空気力学的に支持された脚9を使用することによって、テーブル5がベース表面11に垂直なz方向に移動し又テーブル5がx方向又はy方向に延在する回転軸について回転することが防止される。

【0017】y方向に平行なテーブル5の移動及びz軸に平行な回転軸についてのテーブル5の回転は、テーブル5と脚9の間に設けられているベアリングブロック21内で互いにある距離で固定されていてかつガイドビーム1を囲んでいる（図1と図2参照）二対の電磁石（13, 15）と（17, 19）の使用により防止される。図2から明らかなように二個の各対の電磁石（13, 15）と（17, 19）は、y方向で見てガイドビームの何れかの側で互いに反対側に位置している。

【0018】電流が電磁石13, 15, 17, 19を流れると、電磁石13, 15, 17, 19の各々は引っ張る電磁力をスチールガイドビーム1に与える。この力の大きさは、関係する電磁石13, 15, 17, 19を通る電流の値の二乗に実質上正比例しかつ関係する電磁石13, 15, 17, 19（図2参照）とガイドビーム1との間の空気間隙23のサイズの二乗に実質上反比例する。電磁力と空気間隙23のサイズとの間に当該関係がある結果、各対（13, 15）及び（17, 19）の二個の電磁石の引っ張り合う力が等しい平衡状態は、電磁石13, 15, 17, 19を流れる電流が一定で非制御電流である場合には不安定となるであろう。テーブル5がy方向に平行に平衡位置から小さな距離変位した場合には、それらの空気間隙23が変位によってより小さくなるような電磁石の引っ張り合う力は増大し、変位によってそれらの空気間隙23がより広くなるような電磁石の引っ張り合う力は減少するであろう。変位の方向に力が働く結果、その変位はさらに増大するであろう。

【0019】y方向の支持を安定にするために対（13, 15）及び（17, 19）の電磁石を流れる電流は、各々の電子制御回路25aと25bによって制御される（図2参照）。 50

制御回路25aと25bは同一である。二組の電磁石（13, 15）及び（17, 19）の各々には当該対（13, 15）、（17, 19）の二個の電磁石の一個に合うそれ自身公知の非接触容量性位置センサー29, 31が設けられている（図2参照）。動作中位置センサー29, 31の各々は、当該位置センサー29, 31がフィットされている電磁石13, 17とガイドビーム1との間の空気間隙23のサイズを測定する。制御回路25a, 25bは、2個の空気間隙23の測定されたサイズを所望のサイズと比較しそれらの値が所望のサイズと測定されたサイズとの差に依存する電磁石13, 15, 17, 19を通る制御電流を流す。この結果、測定されたサイズは、ガイドビーム1に作用する電磁力により所望のサイズに等しくなる。制御回路25a, 25bの動作と特性を以下に詳細に説明する。

【0020】図4は線図的に電子制御回路25a, 25bの第一実施例を示す。各制御回路25a, 25b内の当該位置センサー29, 31の電気出力は、コンパレータ33として機能するサンメンション回路の第一電気入力端に接続される。空気間隙23のサイズに依存する値となる位置センサー29, 31の出力信号 $u_{0.1}$ （電圧信号）は、空気間隙23の所望のサイズに依存するコンパレータ33の第二電気入力端の入力信号 $u_{0.2}$ とコンパレータ33によって比較される。コンパレータ33の出力信号 $u_{0.3}$ はコンパレータ33の二個の入力信号の差 $u_{0.1} - u_{0.2}$ となる。信号 $u_{0.3}$ は電子制御ユニット35に対する入力信号を形成する。公知の制御ユニット35は、比例、積分及び微分制御機能を有し、信号 $u_{0.3}$ を制御信号 $u_{0.4}$ （電圧信号）に変換する通常の型で、電磁石13と15を通る電流の値を決めるPIDコントローラとなる。

【0021】この様なPID制御ユニットは、線形制御ユニットであるので線形系内の使用に特に適している。上述したように電磁力は非線形力であるので、電磁石13, 15, 17, 19によるテーブル5の支持は非線形系を形成する。本願明細書の第一パラグラフで述べた既知の装置は同様な理由で非線形系を形成していて、PIDコントローラを使用することにより非線形系を空気間隙の所望のサイズ h_0 と電磁石を流れる基本電流 i_0 とによって決まる動作点の周りに線形化する事が可能である。しかしながらこの場合剛性、ダンピング及びバンド幅の様な支持体の特性は h_0 と i_0 に依存する。従ってPIDコントローラによる適切な位置制御は、変位 Δh が h_0 に関して小さくてかつ制御電流 Δi が i_0 に比較して小さい場合にのみ得られる。

【0022】図4に示される制御回路25aと25bにおいて制御信号 $u_{0.4}$ は、それ自身公知の型の電子ルートエクストラクタ37に与えられる。ルートエクストラクタ37の出力信号 $u_{0.5}$ は、次式に示されるように信号 $u_{0.4}$ の平方根に等しい値を有し、信号 $u_{0.5}$ の符号（極性）は信号 $u_{0.4}$ のそれに等しい。

【数1】

$$u_{0qr} = \frac{|u_{pid}|}{|u_{pid}|} \cdot \sqrt{|u_{pid}|}$$

【0023】ルートエクストラクタ37の電気出力端は、制御回路25の第一ブランチ39を介して電磁石15に接続されていて且つ制御回路25の第二ブランチ41を介して電磁石13に接続されている。ブランチ39と41には各々電子整流器43と電子整流器45が設けられている。両者ともダイオードとして機能する整流器43と45は通常の型であり、かつアナログ設計（半波整流機能を有するコンパレータ回路）、又はデジタル設計（論理回路）であっても良い。図4に示されるように整流器43と45は信号 u_{qr} に対して電氣的に逆に向いているので、それらは信号 u_{qr} を各々異なった方向に導通させる。制御回路25内の整流器43、45の機能は後に詳細に説明する。

【0024】図4は第一ブランチ39が通常の型の電子マルチプライア47を有していることも示している。マルチプライア47の第一入力端は整流器43を介してルートエクストラクタ37の出力端に接続されていて、マルチプライア47の第二入力端は制御回路25のフィードバックライン49を介して位置センサー29、31の出力端に接続されている。減算器回路51は、一定入力信号 u_1 を受ける第一電気入力端と位置センサー29、31から信号 u_{0r} を受ける第二電気入力端とを有するフィードバックライン49内にある。この場合の信号 u_1 は、ガイドビーム1と電磁石15との間の空気間隙53の平均サイズに比例する参照信号 u_1 と、電磁石15に使用される別の磁化率及び使用される磁気鉄回路の長さのような電磁石15の数多くの特性によって決定される補正信号 u_{c1} との和 $u_1 + u_{c1}$ に等しい。減算器回路51の出力信号 u_{1r} は、減算器回路51の二つの入力信号 u_1 と u_{0r} の差 $u_1 - u_{0r}$ でありかつ空気間隙53のサイズ h_1 によって決定される。信号 u_{1r} はマルチプライア47内で信号 u_{qr} に乗算されるので、マルチプライア47の出力信号 u_{0r1} は積 $u_{qr} \times u_{1r}$ となる。

【0025】マルチプライア47の出力信号 u_{0r1} は、演算増幅器57が設けられているそれ自身公知の型の増幅器ユニット55に対する入力信号を形成する。電圧信号 u_{0r1} は増幅器ユニット55により増幅され、電磁石15を通る制御電流 i_1 となる。

【0026】制御回路25の第二ブランチ41は、整流器45を介してルートエクストラクタ37に接続されている第一入力端と、制御回路25のフィードバックライン61を介して位置センサー29、31に接続されている第二入力端とを有する電子マルチプライア59を有している。フィードバックライン61は、一定入力信号 u_2 を受ける第一電子入力端と位置センサー29、31からの信号 u_{0r} を受ける第二電子入力端とを有する加算回路63を含む。信号 u_2 は、前述の信号 u_1 と同等でかつ電磁石13内に使用される磁気鉄の磁化率とか使用される磁気鉄回路の長さと言ふような電磁石13の数多くの特性に依存する値を有する補正

信号である。加算回路63の出力信号 u_{0r2} は、加算回路63の二つの入力信号 u_2 と u_{0r} の和 $u_2 + u_{0r}$ に等しくかつ空気間隙23のサイズ h_2 によって決定される。信号 u_{0r2} はマルチプライア59内の信号 u_{qr} に乗算されるので、マルチプライア59の出力信号 u_{0r2} は $u_{qr} \times u_{0r2}$ の乗算の結果となる。

【0027】マルチプライア59の出力信号 u_{0r2} は、前記増幅器ユニット55と同様な型であってかつ演算増幅器67が設けられている増幅器ユニット65に対する入力信号を形成する。電圧信号 u_{0r2} は、増幅器ユニット65によって電磁石13を通る制御電流 i_2 に増幅される。

【0028】ガイドビーム1に対する電磁石15及び13によって与えられる力 F_1 と F_2 の近似値は次のように書くことが出来る。

【数2】

$$F_1 \sim \frac{i_1^2}{h_1^2} \quad \text{及び} \quad F_2 \sim \frac{i_2^2}{h_2^2}$$

【0029】空気間隙 h_1 と h_2 のサイズと制御電流 i_1 と i_2 に対しては、次の関係式が成立する。

$$i_1 \sim u_{qr} \times u_{1r} \quad \text{及び} \quad h_1 \sim u_{1r}$$

$$i_2 \sim u_{qr} \times u_{0r2} \quad \text{及び} \quad h_2 \sim u_{0r2}$$

従って力 F_1 及び F_2 に対しては、

$$F_1 \sim u_{qr}^2 \times u_{0r1} \quad \text{及び} \quad F_2 \sim u_{qr}^2 \times u_{0r2}$$

となる。

【0030】マルチプライア47と59の使用は、力 F_1 と F_2 の値が空気間隙 h_1 と h_2 のサイズに依存せず制御信号 u_{0r1} の値のみに依存するようにさせることを可能にする。この結果最適位置制御を空気間隙23の如何なるサイズについても制御ユニット35によって達成させることが可能となるので、電磁石13、15に対するガイドビーム1の如何なる位置に対しても適切な安定性を達成させることが出来る。この制御が位置に依存しないと言う利点は、装置を何の問題も発生させずに開始させることが出来る点である。これに加えこの制御により、突然の相対的に高いピークの負荷がテーブル5に加えられる場合においても装置を常に適切に安定に動作させる事が出来る。

【0031】マルチプライア47と59と共にルートエクストラクタ37を使用することにより、力 F_1 と F_2 の値を制御信号 u_{0r1} の値に比例するようにさせることが出来るので、制御ユニット35が現実には線形系を支配し、電磁石13と15を流れる制御電流 i_1 と i_2 の如何なる値に於いても制御ユニット35によって適切な位置制御を達成する事が可能となった。この制御の利点は、電磁石13、15を流れる基本電流が不必要となる点である。図4に示される制御回路25aと25bは、当該整流器43と45の使用により現実には電磁石13、15を流れる制御電流のみをパスさせる。事実二つの電磁石13、15の一個によってガイドビーム1に与えられる力は当該電磁石を流れる制御電流の方向にかかわらず常に引っ張る力であるので、整流器43、45を使用しない場合の二つの電磁石13、15の力は恒常的に等し

くなり位置制御は不可能となろう。整流器43、45の使用により電磁石13には、テーブル5に静的な負荷が与えられる場合に図4に示されるような方向を有する制御電流 i_2 が与えられるのみで、 i_1 は空気間隙23の測定されたサイズが所望のサイズよりも大きいときには0となる。その様な負荷に対し、空気間隙23の測定されたサイズが所望のサイズよりも小さい場合には、電磁石15のみに図4に示される方向を有する制御電流 i_1 が与えられ、 i_2 は0となる。電磁石13、15を通る基本電流が存在せずかつ電磁石13、15の一個のみが制御電流を受け取るので、電磁石13、15の電気抵抗の損失は低い。テーブル5に負荷が与えられていない状態での抵抗損失は無視できる程に小さい。

【0032】図5は制御回路25aと25bの第二実施例を線図的に示す。図5の各制御回路25a、25bにおいて、減算器回路51と加算回路63は各々第一デジタルメモリ69と第二デジタルメモリ71によって置換されている。信号 $u_{0..}$ と信号 $u_{1..}$ と $u_{2..}$ との関係は、ステップサイズ $\Delta u_{0..}$ 異なる数多くの順次の $u_{0..}$ の値に対して、各々メモリ69と71に表の形態でストアされる。ステップサイズ $\Delta u_{0..}$ が充分小さい場合には、図5の制御回路のデジタルメモリ69、71の函数は減算器回路51と図4の制御回路の加算回路63との函数に各々近似する。更に信号 $u_{1..}$ と $u_{2..}$ とが、各々デジタルメモリ69、71によって、例えば磁気飽和のような電磁石13、15及びガイドビーム1の非線形特性に対して補正される。

【0033】図4または図5の制御回路25a、25bを有する図1、図2及び図3に示される装置は、集積回路の製造に使用されるマスクの製造に於ける光学リソグラフィック位置決めに応用に特に適していることに注意すべきである。電磁石内の発生熱の結果、このような位置決め装置と電磁石支持を有する他の精密マシーンとに於いてディメンジョンの不正確さが発生する可能性がある。この様な不正確さは図4または図5の装置を使用する事によって除去させることが出来る。さらに、非常に小さな空気間隙を、正確さと剛性やバンド幅のような当該装置の正確さと位置に依存しない特性とによって使用することが出来るので、所望の制御電流の値とそれに伴う抵抗損失とを減少させる事が可能となる。

【0034】何等の特定な要求が電磁石の発生熱に課されない場合には、電子ルートエクストラクタ37と整流器43と45とを制御回路25a、25bから省略することも可能であることに注意すべきである。この場合には、位置に依存しない制御が可能となり、重畳された制御電流を有する基本電流が電磁石を流れる。剛性とバンド幅はこの場合基本電流の強さに依存する。

【0035】制御回路25a、25bから整流器43、45のみを省略することが更に別の実施例で得られる。この実施例の場合、電磁石には基本電流も供給され、一方電流値に依存しない制御を得るためにルートエクストラクタは各

ブランチ39、41内で当該マルチプライア47、59の前に含まれるべきである。電磁石13、15を流れる制御電流を決める制御信号 $u_{1..}$ は基本信号 u_0 に加えられ、かつそれから減算されるべきで、これにより各々ブランチ39、41内の当該ルートエクストラクタの前の、電磁石を通る基本電流が決まる。このようにして位置に依存せずかつ電流に依存しない特性を有する両方向支持が当該支持方向内において得られる。

【0036】図4及び図5に示される各電子部品を対応する動作を有するデジタル回路によって各々置き換えることも可能であることに注意すべきである。例えば、制御ユニット35、ルートエクストラクタ37及び二個の整流器43、45を、制御ユニット35、ルートエクストラクタ37及び整流器43、45の機能が一体化されている電子制御ユニットによって置き換えても良い。

【0037】図4または図5の制御回路25a、25bを有する装置は特にマイクロマニピュレータ内の使用に適していて、これにより支持される物体を小さな距離（数ミクロン/10）に渡って正確に変位させることが出来る。その様な装置は位置に依存しない制御を有しているので、適切な安定性を支持されるべき物体の各位置に実施させることが出来る。

【0038】本装置の単純な実施例が、基本電流と共に二個の電磁石13、15の一方のみを制御することによって得られることにも注目すべきである。この実施例に於ける他方の電磁石には基本電流のみが与えられかつこれはカウンターバランスする磁石としてのみ機能する。カウンターバランスする力は、例えば真空、永久磁石、ガススプリングまたは機械スプリングのような他の手段によって達成しても良い。支持される物体に作用する重力をカウンターバランスする力として使用しても良い。これらの場合当該支持方向には一個の電磁石しか使用されない。

【0039】図1～5の装置の場合、電磁石13、15はガイドビーム1の何れかの側に互いに反対に配置されている。電磁石13、15は、互いに反対を向いているU字形のサイドに位置させると言う別の態様に配置させても良い事に注意すべきである。後者の場合対13、15は、ガイドビームの平行な第一及び第二部分の間に位置している。

【0040】最後に、テーブル5の自由度の二個の程度、つまりy方向に平行な移動とz軸に平行に伸びる軸についての回転とは、図1、2及び3の装置内の電磁石（13、15）と（17、19）の二個の対によって制限出来ることに注意すべきである。より多くの対の電磁石をこのような装置で使用する場合には支持されるべき物体の自由度の二個以上の程度を更に制限することも可能である。装置の構造を更にコンパクトにする必要がある場合には、支持体に使用される電磁石の数を減少させても良い。このことは、例えば、当該方向に垂直な面内で互い

11

に120°の角度で位置している三個の電磁石によって二方向に物体を支持することによって行える。電磁石の適切な制御が、インターリンクされた制御回路と共にこれに対して必要である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第一及び第二実施例の共通部分の側面図を示す。

【図2】 図1の共通部分の平面図を示す。

【図3】 図2の線III-IIIについての共通部分の断面図を示す。

【図4】 第一電子制御回路を有する本発明の装置の第一実施例を線図的に示す。

【図5】 第二電子制御回路を有する本発明の装置の第二実施例を線図的に示す。

【符号の説明】

1: スチールガイドビーム

3: フレーム

5: テーブル

9: 脚

13, 15, 17, 19: 電磁石
ック

23: 空気間隙

回路

29, 31: 位置センサー

35: 電子制御ユニット
ラクタ

10 39: 第一ブランチ

43, 45: 電子整流器

イア

49, 61: フィードバックライン

53: 空気間隙

ット

57: 演算増幅器

7: 目的物

11: 基体表面

21: ベ어링プロ

25a, 25b: 電子制御

33: コンパレータ

37: ルートエクスト

41: 第二ブランチ

47, 59: マルチプラ

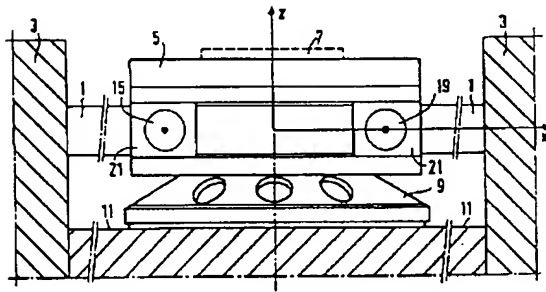
51: 減算器回路

55, 65: 増幅器ユニ

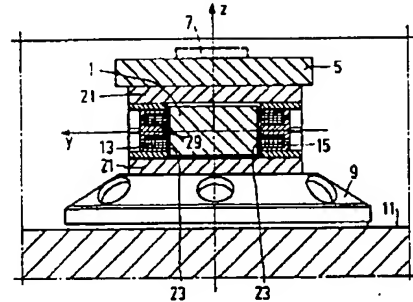
63: 加算回路

12

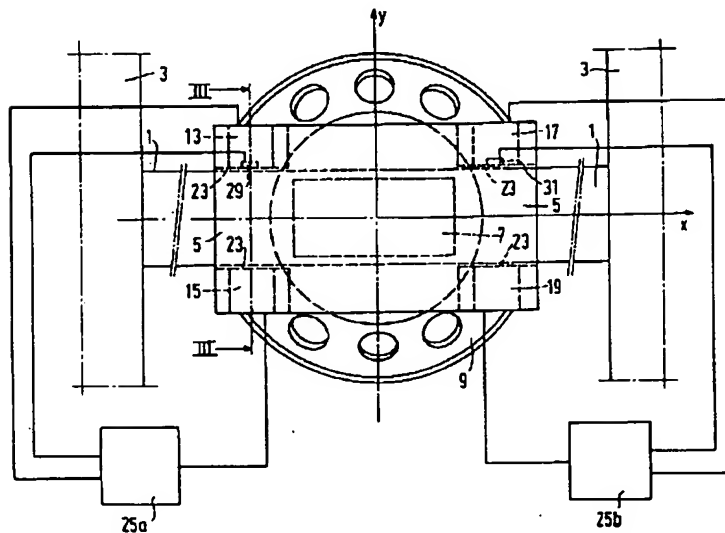
【図1】



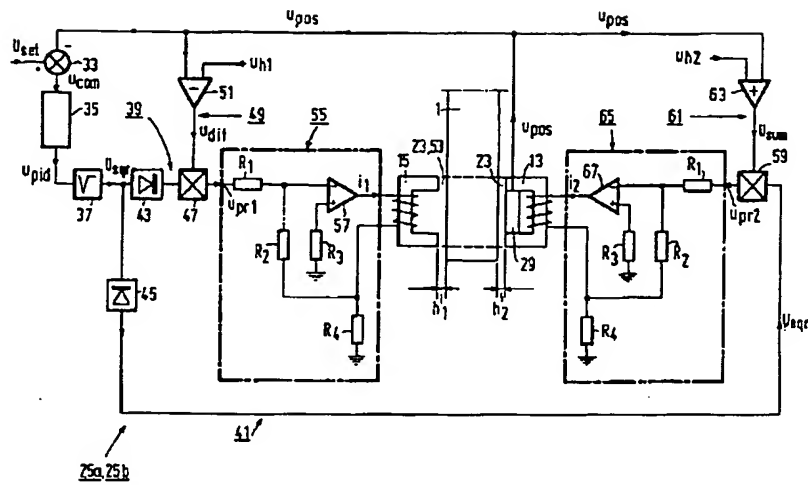
【図3】



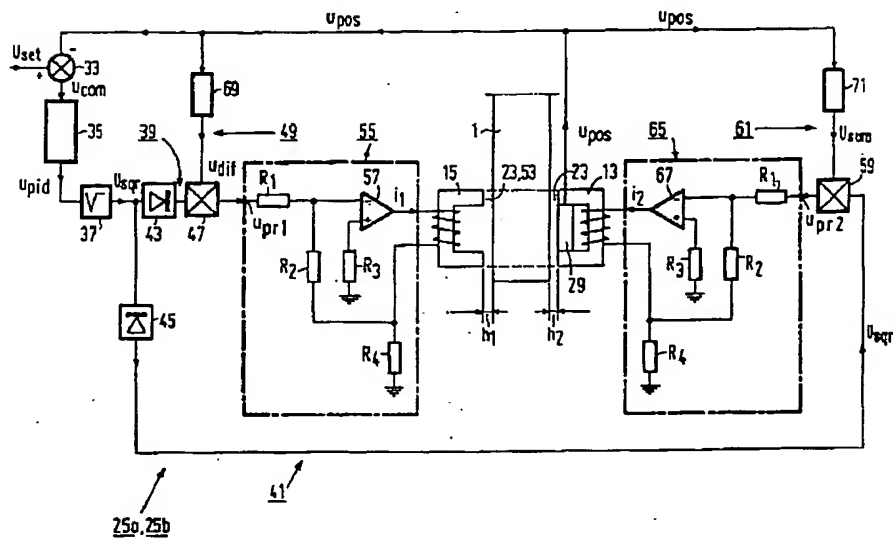
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ヘンドリカス・ヘルマン・マリー・コーク
ス
オランダ国 アインドーフエン フルーネ
ヴァウツウエツハ 1